

R. Robot dynamics algorithms // Kluwer, Boston. – 1987. **15.** *Верецагин А.Ф.* Компьютерное моделирование динамики сложных механизмов роботов-манипуляторов // Инженерная кибернетика. – Вып. 6. – С.65-70. **16.** *Schwertassek R.* Flexible bodies in multibody systems. – Computational methods in mechanical systems: mechanism analysis, synthesis and optimization / Jorge Angeles, Evrim Zakhariiev. p. cm. – NATO ASI series. Series F, Computer and systems sciences. – Vol. 161. – PP.329-363. **17.** *Eichberger A.* Simulation von Mehrkörpersystemen auf parallelen Rechnerarchitekturen // Universität-Gesamthochschule Duisburg, Fachbereich Maschinenbau, Dissertation. – 1993. **18.** *Eichberger A.* Transputer-Based Multibody System Dynamic Simulation, Part I: The Residual Algorithm – A Modified Inverse Dynamic Formulation, Part II: Parallel Implementation – Results // Mechanics of Structures and Machines, 22(2). – 1994. – PP.211-261. **19.** *Погорелов Д.Ю., Дмитроченко О.Н.* Модификации метода отдельных тел для синтеза и решения уравнений движения систем тел // Тез. докл. междунар. конф. стран СНГ «Молодые учёные — науке, технологиям и профессиональному образованию». – М.: 2000, ч.3. – С.87-90. **20.** *Gear CW., Gupta G.K., Leimkuhler B.* Automatic integration of Euler-Lagrange equations with constraints // Journal of Computational and Applied Mathematics. – 12(13). – 1985. – PP.77-90. **21.** *Pogorelov D.* Differential-algebraic equations in multibody system modeling // Numerical Algorithms 19, Baltzer Science Publishers. – 1998. – PP.183-194. **22.** *Pogorelov D.* Some developments in computational techniques in modeling advanced mechanical systems // Proc. of IUTAM Symposium on Interaction between Dynamics and Control in Advanced Mechanical Systems, D. H. van Campen (Ed.), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. – 1997. – PP.313-320. **23.** *Schiehlen W.* (Ed.) Multibody Systems Handbook, Springer. – Berlin, 1990. **24.** *Дмитроченко О.Н.* Методы составных и отдельных тел для моделирования динамики систем твёрдых тел и гибридных систем // Междунар. Межвуз. научн.-техн. конф. студентов, аспирантов и магистрантов / Сб. материалов. – Гомель, ГГТУ им. П. О. Сухого, 2001. – С.260-263. **25.** *Пелешко Є.В., Грабовський А.В., Танченко А.Ю.* Використання сучасного програмного забезпечення для розрахунку динамічних характеристик підвіски БТР-80 // Наук. – практ. конф. (22 – 23 грудня 2004 р.) "Стан і розвиток Сухопутних військ на сучасному етапі. Проблеми розвитку озброєння та техніки Сухопутних військ". – Харків: ХІТВ НТУ "ХПІ", 2005. – С.161 – 164. **26.** *Грабовський А.В., Танченко А.Ю.* К вопросу о проведении многовариантного динамического анализа поведения подвески ЛБМ при стрельбе // Вісник НТУ "ХПІ". Тематичний випуск "Машиноведение и САПР". – 2005. – №53. – С.59-66.

*Поступила в редакцию 20.04.06*

УДК 621.875

**Ю.Б. ГУСЕВ**, ОАО “Головной специализированный конструкторско-технологический институт”, г. Мариуполь

## **К ВОПРОСУ ОБ ИССЛЕДОВАНИИ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ ПЕРЕГРУЖАТЕЛЯ ПМГ-20**

*Зроблений аналіз напружено-деформованого стану елементів металоконструкції перевантажувача ПМГ-20 від різних комбінацій діючих навантажень.*

*We were carried out the stressed-deformed state of “ПМГ-20” over-loader metalwork elements for different combination of active loads.*

**Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.** Повышение эффективности эксплуатации рудно-грейферных перегружателей может быть достигнуто за счет увеличения надежности и срока службы их металлоконструкций. Надежность работы металлоконструкции определяется

оптимальным выбором ее схемы и методики расчета на выносливость всех элементов от различного сочетания действующих на перегружатель в разных режимах работы нагрузок. Это позволяет с достаточной степенью точности определить действующие на все элементы металлоконструкции нагрузки и напряжения в них, и конструктивными методами свести последние к допускаемым величинам, что является важной практической задачей.

**Анализ исследований и публикаций.** Анализ отечественных и зарубежных аналогов перегружателей показывает, что вопросам напряженно-деформированного состояния металлоконструкций перегружателей и их прочностных характеристик уделяется большое внимание.

В работе [1] представлены различные виды металлоконструкций перегружателей. По конструктивным схемам металлоконструкций различают перегружатели жесткой и шарнирной системы. Перегружатели жесткой системы характеризуются пространственно жесткой металлоконструкцией, исключающей смещение опор в горизонтальной плоскости. У перегружателей шарнирной системы одна из опор жесткая, другая – шарнирная. Жесткая опора соединяется с мостом жестко и образует с ним пространственную неизменяемую конструкцию. Шарнирная опора соединяется с мостом шарнирно, что позволяет ей компенсировать температурные деформации моста и его перекос.

**Постановка задачи.** Требуется исследовать напряженно-деформированное состояние металлоконструкции перегружателя ПМГ-20 с определением напряжений от действующих нагрузок в различном их сочетании.

**Изложение материала и результатов исследований.** Перегружатель ПМГ-20, обеспечивающий непрерывный технологический процесс погрузки угля в коксовые печи, входит в состав технологического оборудования Алчевского коксохимического завода. Общий вид перегружателя ПМГ-20 представлен на рис.1.

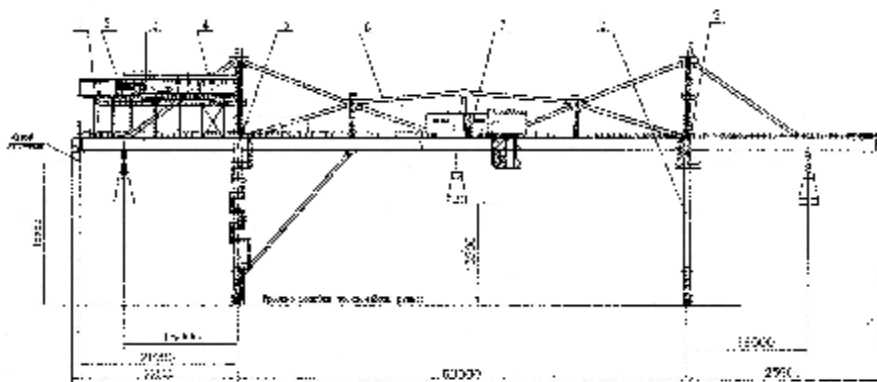


Рис.1. Общий вид перегружателя ПМГ-20

Мост перегружателя 1 опирается на жесткую 5 и шарнирную 8 опоры,

последняя соединена с мостом шарниром 9. На консоли 3 со стороны жесткой опоры 5 расположены ремонтное помещение 4 и ремонтный кран 2. Мост перегружателя 1 выполнен из двух коробчатых балок, по верхнему поясу которых передвигается грейферная тележка 7. Мост усилен шпренгельной системой 6.

Основным методом расчета металлоконструкции перегружателя является метод предельных состояний, основы которого разработаны Н.С. Стрелецким.

За расчетные предельные состояния принимаются такие, при которых конструкция под влиянием силовых воздействий перестает удовлетворять требованиям эксплуатации.

Использование этого метода, основанного на статическом учете работы конструкции, позволяет отказаться от недостаточно обоснованного запаса прочности и открывает широкие возможности устанавливать необходимые размеры и поперечные сечения элементов металлоконструкций, исходя из конкретных условий ее эксплуатации.

Первое предельное состояние – по прочности и устойчивости форм элементов от однократного действия наибольших нагрузок, ожидаемых за срок службы крана. Второе предельное состояние – по выносливости несущих элементов от многократного действия нагрузок. Третье предельное состояние – по упругой деформации несущих элементов.

Основная цель расчета по методу предельных состояний – получить гарантии, что в процессе нормальной эксплуатации конструкции не наступит ни одно из описанных выше предельных состояний.

При расчете стальных конструкций по методу предельных состояний должны выполняться условия

$$\sigma_p \leq mR,$$

где  $\sigma_p$  – расчетное напряжение;  $m$  – коэффициент условия работы;  $R$  – расчетное сопротивление материала, равное

$$R = \frac{R''}{k_m},$$

где  $R''$  – нормативное сопротивление материала;  $k_m$  – коэффициент безопасности по материалу.

В расчетах на прочность и устойчивость должны учитываться следующие нормативные нагрузки:

**а) *весовые постоянные:***

- вес стальных конструкций;
- вес механического и электрооборудования;

**б) *весовые подвижные нагрузки,*** действие которых возможно в любом сечении вдоль пролета крана:

- вес грузовой грейферной тележки  $G_m$ ;
- вес груза  $G_{гр}$  и горизонтальные силы от веса груза, возникающие

при отклонении грузовых канатов (силы приложены в месте контакта ходовых колес с рельсом):

$$Q_x = Q \operatorname{tg} \alpha, \quad Q_y = Q \operatorname{tg} \beta,$$

где  $\alpha = 3^\circ$ ,  $\beta = 3^\circ$  – углы отклонения канатов;

**в) инерционные нагрузки:**

- горизонтальные инерционные нагрузки  $T$ , возникающие при разгоне и торможении тележки, принимаются для мостовых перегружателей равными 1/10 от суммы давлений всех колес тележки. Эти силы приложены в месте контакта ходовых колес и направлены вдоль подтележечных рельсов;

- горизонтальные инерционные нагрузки  $H$ , возникающие при передвижении тележки, принимаются равными для мостовых перегружателей 1/10 от суммы давлений всех колес тележки. Эти силы приложены в месте контакта ходовых колес и направлены поперек подтележечных рельсов;

- горизонтальные инерционные нагрузки, возникающие при разгоне и торможении крана;

2) **другие нагрузки** (перекос крана);

д) **особые нагрузки** (горизонтальные продольные нагрузки при наезде крана на упоры).

Все нормативные нагрузки принимаются с учетом коэффициентов перегрузок; динамическое воздействие груза при подъеме учитывается динамическим коэффициентом; динамическое воздействие металлических конструкций, оборудования, грузовой тележки, груза при передвижении крана учитывается коэффициентом толчков.

Расчет металлоконструкции мостового перегружателя ПМГ-20 проводится для следующих расчетных случаев:

- рабочее состояние “подъем груза и передвижение тележки” (перегружатель находится в неподвижном состоянии, а грейферная тележка – в середине пролета и в крайних положениях на консолях);

- рабочее состояние “передвижение крана” (грейферная тележка располагается в пределах пролета или на одной из опор);

- нерабочее состояние (перегружатель не работает и застопорен, тележка без груза расположена на одной из опор).

Деформации от нормативных нагрузок не должны превышать:

- прогиб балок моста при статическом воздействии грейферной тележки - 1/700 пролета;

- уклон пути на консолях, создающийся под воздействием грейферной тележки с грузом – 0,003 длины консоли.

Расчет от статических воздействий выполнен на программном комплексе “ЛИРА – WINDOWS” [2], разработанном НИИ автоматизированных систем в строительстве (НИИАСС), г. Киев, предназначенном для численного исследования на ЭВМ прочности и устойчивости конструкций.

“Лира 9.0” – программный комплекс для расчета и проектирования

конструкций. Реальная металлоконструкция перегружателя представлена в виде пространственной стержневой системы. Расчет выполнен на статические и динамические воздействия. Статические нагрузки моделируют силовые воздействия от сосредоточенных и распределенных сил и моментов. ПК “Ли́ра” реализует численный метод дискретизации сплошной среды – метод конечных элементов (МКЭ). Основными этапами решения задач по МКЭ является синтез дискретной расчетной схемы на основе расчленения исследуемой системы на конечные элементы, построение матриц жесткости, формирование системы канонических уравнений, решение системы уравнений, вычисление значений узловых перемещений и определение компонентов напряженно-деформированного состояния исследуемой системы по перемещениям.

Расчетная схема металлоконструкции перегружателя ПМГ-20 представлена на рис.2.

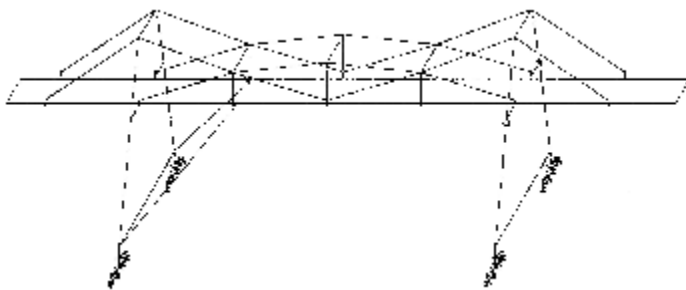


Рис. 2. Расчетная схема металлоконструкции перегружателя ПМГ-20

Материал конструкции – Сталь 09Г2С. Расчетное сопротивление материала  $R$  вычисляется как произведение нормативного сопротивления  $R^H$  на коэффициент однородности материала  $k$ , который учитывает опасность снижения способности материала сопротивляться внешним воздействиям вследствие изменчивости механических свойств

$$R = R^H k .$$

Расчет на прочность, выносливость и деформативность элементов металлоконструкции показал, что максимальные напряжения в металлоконструкции перегружателя не превышают расчетного сопротивления  $\sigma_p = 248$  МПа, выносливость и деформативность обеспечиваются:

$$\sigma_{\max} < \sigma_p ;$$

$$\frac{\Delta f}{L} = \frac{47,5}{6000} = \frac{1}{1260} < \frac{1}{700} .$$

Прогибы консолей жесткой и шарнирной опор не превышают

допускаемых:

- для жесткой опоры  $\frac{\Delta f}{L} = 0,0014 < 0,003$ ;
- для шарнирной опоры  $\frac{\Delta f}{L} = 0,0022 < 0,003$ .

**Выводы и направление дальнейших исследований.** Полученные в первом приближении результаты расчета металлоконструкции перегружателя свидетельствуют о том, что все элементы металлоконструкции удовлетворяют условию прочности и деформативности. В дальнейшем необходимо провести более детальный расчет, используя конечные элементы в виде пластин.

**Список литературы.** 1. Беглов Б.В. Мостовые перегружатели / Б. В. Беглов, П.И. Кох. – М.: Машиностроение, 1974. – 223 с. 2. ПК ЛИРА. Программный комплекс для расчета и проектирования конструкций / Под. ред. академика АИН Украины А. С. Городецкого. – К.: Машинознавство, 2003. – 464 с.

*Поступила в редколлегию 06.05.2006.*

УДК 539.3:621.98

**Н.А. ДЕМИНА**, Таврийская государственная агротехническая академия, г. Мелитополь

## **К ВОПРОСУ МОДЕЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ШТАМПОВОЙ ОСНАСТКИ**

Запропонована нова багаторівнева структура комплексної математичної моделі напружено-деформованого стану елементів штампової оснастки. Розроблено структуру програмно-модельного комплексу для багатоваріантних досліджень процесів у технологічній системі холоднолистової штамповки.

The new multilevel structure of complex mathematical model of stressed-deformed state of elements of the stamp rigging is offered. The structure of programmatic-model complex is developed for multiple researches of processes in the technological system of cold stamping.

**Состояние вопроса.** Холоднолистовая штамповка [1, 2] является одним из наиболее прогрессивных технологических процессов, который обеспечивает оперативность и низкую стоимость технологической подготовки производства (ТПП) новых изделий, особенно при применении переналаживаемых штампов. При этом одним из основных вопросов является обеспечение прочности, жесткости, стойкости пуансонов, матриц, пуансон-матриц штампов. Этому вопросу посвящено